Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 2, Summer 2023, p. 221-241

Effects of Putrescine and Biofertilizers on Content of Na^+ and K^+ Root and Shoots, Stomatal Conductance, Leaf Area Index, and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salinity Stress

A. Mohseni Mohammadjanlou[1], R. Seyed Sharifi[2*], S. Alipour[3]

Received: 10-10-2022 Revised: 11-12-2022 Accepted: 18-12-2022	**How to cite this article:** Mohseni Mohammadjanlou, A., Seyed Sharifi, R., & Alipour, S. (2023). Effects of Putrescine and Biofertilizers on Content of Na^+ and K^+ Root and Shoots, Stomatal Conductance, Leaf Area Index, and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salinity Stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *21*(2), 221-241. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.79107.1202

Introduction

Salinity is one of the major constraints to wheat growth, which hampers production, causing yield loss in arid and semi-arid regions. Reductions in growth resulting from high salinity are because of both osmotic stress, inducing a water deficit, and the effects of excess Na^+ and Cl^- ions on critical biochemical processes. Salt stress induces a significant reduction in photosynthesis through the reduction of leaf area and photosynthetic pigments. Several strategies have been developed to decrease the toxic effects caused by high salinity on plant growth. Among them, the use of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) such as *Pseudomonas* and *Mycorrhiza* play an important role in yield improvement. Many studies have been published on the beneficial effects of bacterial inoculation on plant physiology and growth under salt stress. One of the common hypotheses employed in most of the studies conducted under salinity stress was the lowering of ethylene level by the ACC-deaminase activities of PGPR and improved plant growth and yield under salinity stress.

It was reported that the application of *Pseudomonas* spp. improved plant growth by decreasing the uptake of Na^+ and increasing the activities of antioxidant enzymes under salinity stress. The selective uptake of K^+ as opposed to Na^+ is considered one of the important physiological mechanisms contributing to salt tolerance in many plant species. Inoculation with PGPR significantly decreased Na^+ uptake and increased K^+ content and enhanced levels of K^+ that could be to mitigate oxidative stress imposed by higher salinity. Some researchers have reported that PGPR species like *Azotobacter* and *Pseudomonas* increased the growth and biomass of canola (*Brassica napus* L.) under salinity stress.

A Better understanding of wheat physiological responses under salinity may help in programs in which the objective is to improve the grain yield under salinity stress. Therefore, this study aimed to evaluate the physiological, stomata conductance, along with root and shoot Na^+/ K^+ ratios) of wheat to cycocel and PGPR application under salinity stress.

Material and Methods

A factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, the University of Mohaghegh Ardabili in 2018. The experimental factors included salinity at four levels (no-salinity as control, salinity 40, 80, and 120 mM NaCl based salinity), application of biofertilizers at four levels (no biofertilizers as control, mycorrhiza application, application of both Pseudomonas and Flavobacterim, application of mycorrhiza with Pseudomonas and Flavobacterim) and putrescine foliar application at three levels (foliar application with water

---

1- PhD Graduated in Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.79107.1202

as control, foliar application of 0.5 and 1 mM putrescine). Mycorrhiza fungi were purchased from the Zist Fanavar Turan Institute and soils were treated based on the manufacturer's protocol of 20 g of inoculums per m2 of soil. For inoculation, seeds were coated with gum Arabic as an adhesive and rolled into the suspension of bacteria until uniformly coated. The strains and cell densities of microorganisms used as PGPR in this experiment were 107 colony-forming units (CFU). Humidity ranged from 60-65%. The wheat cultivar "Gascogne" was used in the experiment. The optimum density of cultivar "Gaskogen" is 400 seeds m^{-2}, so forty seeds of *wheat* were sown in each pot at a depth of 4 cm deep. The pots were immediately irrigated after planting. Nano putrescine zinc oxide powder was added to deionized water and was placed on ultrasonic equipment (100 w and 40 kHz) on a shaker for making a better solution. Foliar application with nano putrescine oxide was done in two stages of period growth (pre and post-4 booting stage).

Results and Discussion

The results showed that with increasing salinity, potassium content, stomata conductance, and leaf area index decreased but the application of putrescine and biofertilizers increased these traits. At the highest salinity level (120 mM), there was a decrease of 24.94 and 21.57% respectively in Na^+ root and shoots in the application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterim* and foliar application of 1 mM putrescine in comparison with no application biofertilizer and putrescine in same salinity level. At the highest salinity level, application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterim* and foliar application of 1 mM putrescine increased K^+ root (47.76%), shoots (21.66%) and grain yield (28.57%) in comparison with no application biofertilizer and putrescine in same salinity level. It seems that the application of biofertilizers and putrescine can increase the grain yield of wheat under salinity stress due to improve stomata conductance and leaf area index.

Keywords: Biofertilizers, Mycorrhiza, Putrescine, Relative water content, Salinity

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۱، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۲، ص ۲٤۱-۲۲۱

تاثیر پوترسین و کودهای زیستی بر محتوای سدیم و پتاسیم ریشه و اندام‌های هوایی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ و عملکرد گندم تحت تنش شوری

علیرضا محسنی محمدجانلو[1]، رئوف سیدشریفی[2*]، سعید علی پور[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر کودهای زیستی و پوترسین بر بهبود محتوای سدیم و پتاسیم، هدایت روزنه‌ای و شاخص سطح برگ گندم تحت تنش شوری، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری و شوری‌های ۴۰، ۸۰ و۱۲۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به‌عنوان شاهد، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) شامل می‌شدند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری محتوای پتاسیم، هدایت روزنه‌ای و شاخص سطح برگ کاهش یافت. ولی کاربرد کودهای زیستی و پوترسین این صفات را افزایش داد. در بالاترین سطح شوری (۱۲۰میلی‌مولار) یک کاهش ۲۴/۹۴ و ۲۱/۵۷ درصدی به‌ترتیب در محتوای سدیم ریشه و اندام هوایی در کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شوری وجود داشت. در بالاترین سطح شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین محتوای پتاسیم ریشه (۴۷/۷۶ درصد) و اندام هوایی (۲۱/۶۶ درصد) و عملکرد دانه (۲۸/۵۷ درصد) را نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شوری افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و پوتریسین می‌تواند به‌دلیل بهبود هدایت روزنه‌ای و شاخص سطح برگ، عملکرد دانه گندم را تحت تنش شوری را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پوترسین، شوری، کودهای زیستی، محتوای نسبی آب، میکوریز

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که در بیشتر موارد در اثر غلظت بیش از حد یون‌های سدیم و یا کمبود پتاسیم در سلول‌ها، با ایجاد بی‌ثباتی در غشاء و فرایندهای غشایی، اختلال در حفظ فشار تورگر، کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل کاهش دسترسی به آب، در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Cuartero, Bolarin, Asins, & Moreno, 2006).

به‌منظور کاهش و یا تعدیل اثر تنش شوری، راهکارهای متعددی مانند کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) (Kheirizadeh Arough, Seyed Sharifi, Sedghi, & Barmaki, 2016) و پلی‌آمین‌هایی نظیر پوترسین توسط محققان ارائه شده است (Hadi, Seyed Sharifi, & Namvar, 2016). در این راستا وو و همکاران (Wu, Cao, Li, Cheung, & Wong, 2005) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی نه تنها مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های مختلف محیطی افزایش می‌دهد، بلکه میکروارگانیسم‌های از بین رفته خاک را نیز جبران می‌کنند (Glick, Penrose, & Wendo, 2001). در شرایط شوری افزایش محتوای یون سدیم در محیط ریشه می‌تواند با افزایش غلظت سدیم نسبت به

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.79107.1202

پتاسیم و رقابت این یون با پتاسیم در فرایند جذب موجب کاهش جذب پتاسیم و یا افزایش غلظت سدیم شود ولی، کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق تغییر در انتخاب‌پذیری یون‌های سدیم و پتاسیم جهت جذب توسط گیاه و در نتیجه محدود نمودن جذب سدیم، موجب افزایش جذب پتاسیم شوند. اشرف و همکاران (Ashraf & McNielly, 2004) گزارش کردند که افزایش جمعیت باکتری‌های مولد پلی‌ساکاریدهای برون‌سلولی در منطقه ریشه، با کاهش مقدار سدیم قابل‌دسترس برای جذب گیاه، منجر به افزایش مقاومت گیاه به شوری می‌شود. کاردینگ و همکاران (Karlidag, Esitken, Yildirim, Figen-Donmez, & Turan, 2011) اظهار داشتند که در شرایط شوری، باکتری‌های محرک رشد از طریق محدود نمودن جذب کلر و سدیم، موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند. باشان و همکاران (Bashan, Ivanony, & Saad, 1989) گزارش کردند باکتری‌های متصل به ریشه‌ها در شرایط شوری، غلظت سدیم را در اندام هوایی گیاه محدود نموده و با نگه داشتن سطح پایین اتیلن تنشی از طریق فعالیت ACC دآمیناز به تسریع در رشد گیاه کمک می‌کنند. همچنین کاربرد میکوریزا موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای، از جمله افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم، در بافت برگ می‌شود (Rabie & Almadini, 2005)، در نتیجه میزان آب برگ و انتقال عناصر غذایی به گیاه افزایش می‌یابد (Hammer, Nasr, Pallon, Olsson, & Wallander, 2011).

در شرایط تنش به علت بالا رفتن املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (Grattan & Grieve, 1999). در این راستا در سال‌های اخیر علاوه بر کودهای زیستی، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند پلی‌آمین‌ها برای کاهش اثر تنش‌های محیطی در گیاهان مطرح شده است. پلی‌آمین‌ها گروهی از پلی‌کاتیون‌هایی با وزن مولکولی پایین هستند که در همه گیاهان حضور دارند (Atiya, Poortvliet, Stromberg, & Yngve, 2011) و با کاهش اثر شوری در گیاه و برطرف نمودن آسیب‌های وارده به دستگاه فتوسنتزی در اثر تنش (Sfakianaki, Sfichi, & Kotzabasis, 2013) می‌تواند رشد گیاه را بهبود بخشیده و غلظت عناصر را در گیاه افزایش دهد (Talaat, Bekheta, & Mahgoub, 2005). یکی دیگر از دلایل بهبود جذب عناصر توسط پوترسین جلوگیری از خسارت به غشاء سلولی از طریق مهار آنزیم پروتئاز و لیپاز است. همچنین با جلوگیری از اثرات منفی یون‌های سدیم و کلر در گیاه، جذب عناصر را افزایش می‌دهد. برخی محققان تأثیر پوترسین در افزایش رشد را به اثر این ماده در افزایش قابلیت جذب و نگهداری آب بافت‌های ریشه، ساقه و برگ از راه افزایش پتانسیل اسمزی آب درونی این اندام‌ها نسبت داده‌اند (Kafi & Stewart, 1998). در این زمینه حنفی احمد و همکاران (Hanafy Ahmed, Darwish, Hamoda, & Alobaidy, 2013) گزارش کردند که کاربرد پوترسین در گیاه پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) تحت تنش شوری، با افزایش جذب مواد معدنی از جمله فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم موجب بهبود مقاومت گیاه به شوری شد.

گسترش روزافزون اراضی شور و نقش کودهای زیستی و پوترسین در تعدیل یا کاهش اثر ناشی از شوری و بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم این عوامل بر عملکرد، از جمله مواردی بودند که موجب شد تا اثر این عوامل بر محتوای سدیم و پتاسیم، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه گندم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی طی سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک با کلرید سدیم)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۰/۵ و یک میلی‌مولار پوترسین) بودند. کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا از نوع *Glomus Intraradicese*، باکتری‌های سودوموناس *Psedomunas Putida Strain 186* و فلاوباکتریوم *Flavobacterim Spp* بودند سویه خالص باکتری‌های مورد نیاز، از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شدند که هر گرم مایه تلقیح خالص آن‌ها دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در شرایط خشک و تاریک قرار داده شد. قارچ میکوریزا *Glomus Intraradicese* از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به مقدار ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به استناد توصیه شرکت مذکور با خاک گلدان مخلوط شد. در این راستا دو گرم میکوریزا در هر گلدان استفاده شد. پس از تهیه خاک یکدست، حدود ۲۰ کیلوگرم خاک به هر گلدان با قطر ۴۰ سانتی‌متر اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Soil physico-chemical characteristics

ویژگی Characteristic	روی Zn	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	کربن آلی Organic Carbon	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهک $CaCO_3$	درصدعصاره اشباع Saturated extract	بافت Texture	pH
مقادیر	mg kg^{-1}					٪						
Amount	1.8	202	8.29	0.06	0.62	35	42	23	14.4	49	Loamy	7.8

شوری اولیه خاک ۱/۸ دسی‌زیمنس برمتر بود. در هرگلدان ۴۰ عدد بذر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. گندم (*Triticum aestivum* L.) مورد کاشت، رقم آبی گاسکوژن بود که از تعاونی تولیدی پیراقوم اردبیل تهیه و بعد از ورنالیزاسیون کشت شد. این رقم پابلند، با تیپ رشد زمستانه و مقاوم به سرما و خوابیدگی و در گروه ارقام با کیفیت نانوایی بسیار خوب قرار دارد. برای اعمال شوری از نرم‌افزار Salt Calc و نمک کلرید سدیم استفاده شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک در هر یک از سطوح شوری محاسبه (Hagh Bahariand & Seyed Sharifi, 2013) و به خاک هر گلدان همراه آب آبیاری اضافه شد. به‌منظور تنظیم شوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان، زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر دو تا سه نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی دوباره در آبی که در هر مرحله آبیاری برای هر گلدان در نظر گرفته می‌شد حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. هیچ کود شیمیایی خاصی در طول اجرای آزمایش استفاده نشد. محلول‌پاشی پوترسین در دو مرحله (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از تورم غلاف برگ پرچم) انجام شد. به‌دلیل حلالیت بهتر پوترسین در آب، ابتدا در آب دیونیزه به‌صورت معلق درآمده و با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه) این مواد پخش شده و محلول گردید (Prasad *et al.*, 2012). اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد نگهداری شدند. در سه نمونه از برگ پرچم در مراحل ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهورسنبله، روند تغییرات هدایت روزنه‌ای به‌وسیله دستگاه پورومتر (Porometer، دیکاگن آمریکا)، محتوای نسبی آب برگ پرچم به‌روش چلا و همکاران (Chelah, Nordin, Musliania, Khanif, & Jahan, 2011) اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری برای شاخص سطح برگ و بیوماس کل از ۳۲ روز بعد از کاشت به فواصل زمانی هر ده روز یک‌بار به روش تخریبی انجام شد (Seyed Sharifi & Golineghad, 2021).

به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) برگ پرچم در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، نمونه‌های برگ پرچم در سه مرحله مذکور در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب تقطیر شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس میزان هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر (مدل Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد (Seyed Sharifi & Golineghad, 2021). اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین با روش واگنر (Wagner, 1979) و برای تعیین محتوای سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر استفاده شد (Seyed Sharifi & Golineghad, 2021). در زمان رسیدگی تعداد پنج بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از هر گلدان و از بین بوته‌های رقابت‌کننده برای برآورد عملکرد تک بوته برداشت و میانگین داده‌ها به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل به‌کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

هدایت روزنه‌ای: اثر اصلی شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین بر هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که بیشترین هدایت روزنه‌ای در شرایط عدم اعمال شوری (۳۶/۶۸، ۳۳/۹۳ و ۲۷/۴۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)، کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم (۳۳/۱۵، ۳۰/۲۵ و ۲۴/۵۸ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۳۲/۹۴، ۳۰/۰۳ و ۲۳/۹۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) به‌ترتیب در مراحل ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله و کمترین هدایت روزنه‌ای در این مراحل (نمونه‌برداری در ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله) در بالاترین سطح شوری (۲۵/۴، ۲۳/۸۴ و ۱۹/۲۲ میلی‌مول برمترمربع برثانیه)، عدم کاربرد کودهای زیستی (۲۹/۱۶، ۲۷/۲۳ و ۲۰/۹۵ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و عدم محلول‌پاشی پوترسین (۲۹/۵۴، ۲۷/۷۱ و ۲۲/۲۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت روزنه‌ای، سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی، محتوای آنتوسیانین و عملکرد دانه گندم

Table 2- Analysis of variance the effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on stomatal conductance, Na^+ and K^+ root and shoots, anthocyanin content and grain yield of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات										
		مراحل نمونه‌برداری هدایت روزنه‌ایی Sampling stages of stomatal conductance			محتوای پتاسیم ریشه K^+ root content	محتوای سدیم اندام هوایی Na^+ shoots content	محتوای پتاسیم اندام هوایی K^+ shoots content	محتوای سدیم ریشه Na^+ root content	آنتوسیانین Anthocyanin	نسبت سدیم به پتاسیم ریشه Na^+/K^+ ratio in root	نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی Na^+/K^+ ratio in shoots	عملکرد تک بوته Grain per plant
		ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	ظهور سنبله Heading								
تکرار Replication	2	15.92^{*}	20.48^{*}	30.34^{*}	4.02^{ns}	12.57^{*}	7.17^{ns}	15.28^{*}	0.0000015^{*}	8.87^{**}	1.22^{**}	0.04^{*}
شوری Salinity	3	437.39^{*}	658.35^{**}	898.99^{**}	360.78^{**}	901.14^{**}	735.56^{**}	909.7^{**}	0.00012^{**}	31.38^{**}	3.47^{**}	2.172^{**}
کود زیستی Bio fertilizer	3	85.75^{**}	56.72^{**}	99.73^{**}	30.03^{**}	78.32^{**}	75.91^{**}	116.2^{**}	0.0000011^{**}	3.53^{**}	0.315^{**}	0.274^{**}
پوترسین Putrescine	2	35.12^{**}	64.63^{**}	143.63^{**}	26.52^{**}	37.07^{**}	60.44^{**}	31.08^{**}	0.0000066^{**}	2.03^{**}	0.196^{**}	0.188^{**}
شوری×کود زیستی Salinity× biofertilizer	9	2.62^{ns}	1.84^{ns}	6.9^{ns}	4.85^{*}	8.46^{*}	2.81^{ns}	14.6^{**}	0.000001^{**}	0.44^{**}	0.013^{**}	0.25^{*}
شوری×پوترسین Putrescine× salinity	6	2.18^{ns}	5.3^{ns}	5.41^{ns}	2.47^{ns}	2.48^{ns}	12.13^{*}	1.76^{ns}	0.0000004	0.35^{**}	0.015^{**}	0.028^{*}
پوترسین×کود زیستی Putrescine biofertilizer	6	2.06^{ns}	8.8^{ns}	0.88^{ns}	5.37^{*}	2.31^{ns}	3.01^{ns}	11.52^{**}	0.0000019^{**}	0.52^{**}	0.005	0.027^{*}
کودزیستی×شوری×پوترسین Putrescine× Salinity× Biofertilizer	18	2.09^{ns}	1.85^{ns}	2.54^{ns}	3.93^{*}	6.7	9.1^{*}	6.88^{*}	0.00000018^{**}	0.26^{**}	0.021^{**}	0.023^{**}
خطای آزمایشی Error	94	4.9	6.29	8.28	2.27	3.9	5.29	3.77	0.0000003	0.031	0.0030	0.01
ضریب تغییرات C.V(٪)		9.6	8.7	9.2	11.4	8.5	7.9	7.1	4.4	7.7	6.5	8.9

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

به نظر می‌رسد با افزایش شوری پتانسیل آب در خاک کاهش پیدا کرده و انسداد روزنه‌ای اغلب یک واکنش سریع و اولیه گیاه نسبت به تنش شوری، می‌تواند ناشی از پتانسیل پائین آب، اثر مضره Na^{+} بر روی سیگنال‌های ریشه و یا سلول‌های محافظ روزنه برگ باشد (Moradi & Abdelbagi, 2007). جمیل و همکاران (Jamil et al., 2007) دلیل کاهش فتوسنتز با افزایش تنش شوری را به هدایت روزنه‌ای پایین‌تر و کاهش فرآیندهای متابولیکی به‌ویژه در جذب کربن نسبت دادند. همچنین احتمال داده می‌شود که مایکوریزا با تنظیم اسمزی گیاه میزبان و بهبود تماس ریشه با ذرات خاک، گیاه را قادر ساخته آب را از منافذ ریز خاک خارج کند (Ortas, Sari, Akpinar, & Yetisir, 2011). از این‌رو گیاهان همزیست با مایکوریزا نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی از هدایت روزنه‌ای بالاتری طی تنش شوری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی برخوردارند (Auge, 2004).

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم

Table 3- Mean comparison the effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on stomata conductance of flag leaf

تیمارهای آزمایشی Experimental factors		هدایت روزنه‌ای Stomata conductance (mmol.m^{-2}.s^{-1}) ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	ظهور سنبله Heading
سطوح شوری Salinity	عدم اعمال شوری Without salinity	36.68	33.93	27.42
	۴۰ میلی‌مولار 40 mM	34.13	30.28	24.11
	۸۰ میلی‌مولار 80 mM	29.49	27.46	21.79
	۱۲۰ میلی‌مولار 120 mM	25.4	23.84	19.22
LSD5%		1.34	1.17	1.03
سطوح کودهای زیستی Biofertilizers levels	عدم کاربرد کود زیستی without biofertilizer	29.16	27.23	20.95
	کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم Both application of *Pseudomonas* with *Flavobacterium*	31.5	28.83	23.44
	کاربرد میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم Application of *Mycorrhiza* with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*	33.15	30.25	24.58
	کاربرد میکوریز Application of *Mycorrhiza*	31.86	29.21	23.57
LSD5%		1.34	1.17	1.03
سطوح پوترسین Putrescine levels	عدم محلول‌پاشی no foliar application	29.54	27.71	22.23
	۰/۵ میلی‌مولار پوترسین 0.5 mM	31.79	28.88	23.25
	۱ میلی‌مولار پوترسین 1 mM	32.94	30.03	23.93
LSD5%		1.16	1.01	0.89

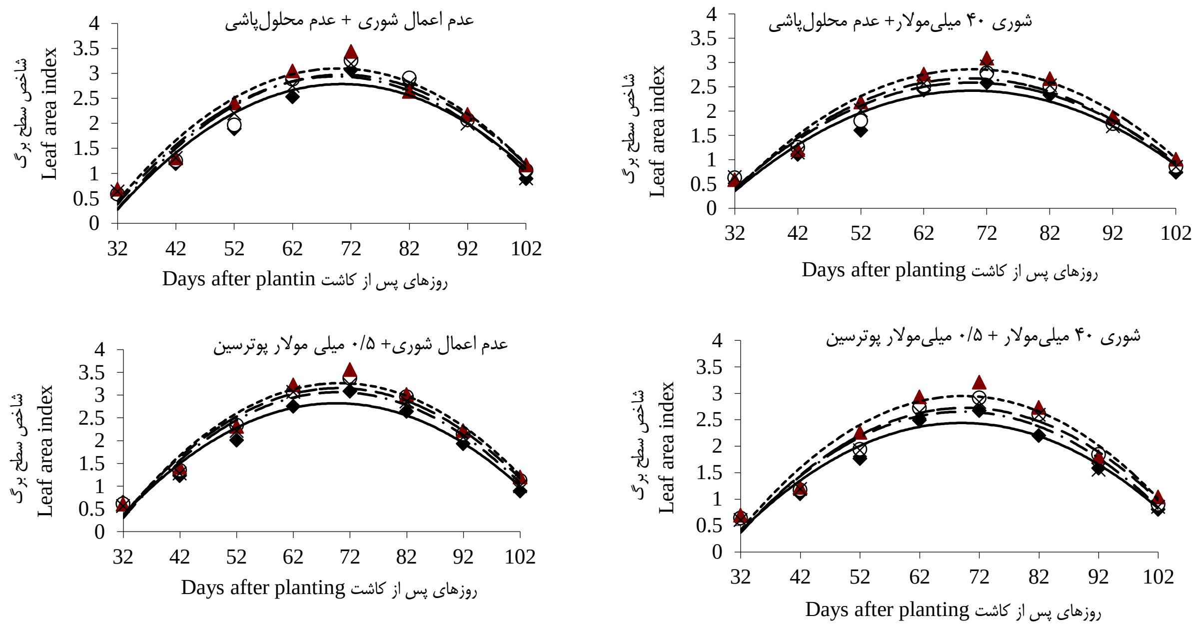
میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون و برای هر فاکتور اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند.

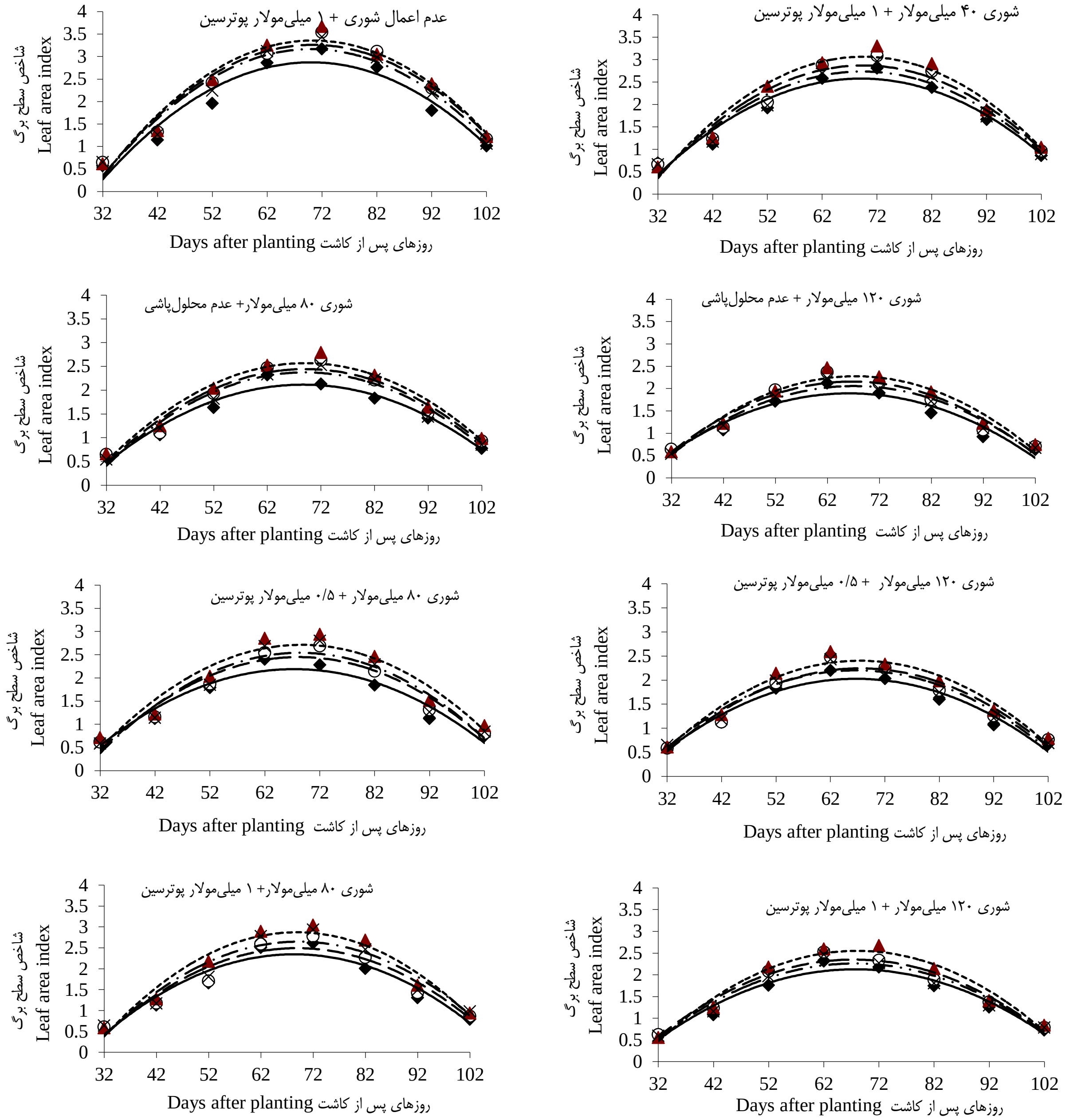
Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different.

شاخص سطح برگ: روند تغییرات این شاخص در سطح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار تا ۶۲ روز پس از کاشت ولی در شرایط عدم اعمال شوری و شوری ۴۰ میلی‌مولار تا ۷۲ روز پس از کاشت افزایشی بود، سپس با گذشت زمان به دلیل پیری، خشک شدن و ریزش برگ‌ها روند کاهشی داشت (شکل ۱). کاهش سطح برگ یکی از اولین واکنش‌های گیاهان در برابر تنش شوری است. از این رو با افزایش سطح شوری، شاخص سطح برگ در تمامی ترکیبات تیماری با شدت بیشتری کاهش یافت (شکل ۱). کاربرد کودهای زیستی و

محلول‌پاشی پوترسین هـم در حالـت عـدم اعمـال شـوری و هـم در شرایط اعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلـی‌مـولار، موجـب بهبـود شاخص سطح برگ شد. بالاترین مقدار این شاخص (۳/۶۷) به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کـاربرد تـوأم میکـوریز بـا سـودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مـولار پوترسـین و کمتـرین آن (۲/۱۲) در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد پوترسین و کودهـای زیستی تعلق داشت (شکل ۱)، که با یافته‌هـای مـرادی و سیدشـریفی (Moradi & Seyed Sharifi, 2018) مطابقـت دارد. آنـان گـزارش کردند که با افزایش شوری، شاخص سطح برگ کاهش یافته و رونـد عکسی در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد مشـاهده شـد. به نظر می‌رسد بخشی از کاهش سطح برگ با افزایش شوری ناشی از افزایش یون سدیم در ریشه و اندام‌های هـوایی (جـدول ۹) و کـاهش هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) مرتبط باشد که منجر به کـاهش فتوسـنتز می‌شود. به بیانی دیگر سمیت یونی حاصل از سدیم منجر به کـاهش سطح برگ می‌شود ولی توانایی این باکتری‌ها در تولید هورمـون‌هـای گیاهی منجر به بهبود این شاخص می‌شود. ماس و پـاس (Mass & Poss, 1989) بیان داشتند که در تنش شدید، گیاه بـا کـاهش سـطح تعرق خود و همچنین بستن روزنه‌ها در برابـر تـنش، واکـنش نشـان می‌دهد که نتیجه آن منجر به کاهش میزان فتوسنتز و درنتیجه میزان رشد و نمو گیاه خواهد شد. هادی و همکـاران (Hadi *et al*., 2016) دلیل کاهش سطح برگ در حالت اعمال شوری نسبت به عدم اعمـال آن را، به کاهش مواد فتوسنتزی برای رشد و توسعه سلول‌های برگ و افزایش پیری برگ در شـرایط تـنش نسـبت دادنـد. بومسـما و ویـن (Boomsma & Vyn, 2008) علت افزایش سطح برگ تحت شرایط تنش شوری در گیاهان کلونیزه شده با کودهای زیستی را، به کـاهش پیری برگ به‌واسطه‌ی افزایش تولید کلروفیل یا کـاهش تخریـب آن نسبت دادند.

بیوماس کل: رونـد تغییـرات ایـن شـاخص نشـان داد در کلیـه ترکیبات تیماری این روند در ابتدا کنـد بـود و پـس از آن بـا سـرعت زیادی افزایش و در سـطح شـوری ۸۰ و ۱۲۰ میلـی‌مـولار در ۸۲ روز پس از کاشت، و در شرایط عدم اعمال شوری و شوری ۴۰ میلی‌مولار در ۹۲ روز پس از کاشت در کلیه ترکیـب‌هـای تیمـاری تجمـع مـاده خشک به حداکثر مقدار خود رسید. سپس به دلیل افزایش سن گیـاه و پیری برگ‌ها، بیوماس کل کـاهش یافـت (شـکل ۲). تلقـیح بـذر بـا کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین، موجب افزایش بیوماس کل نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشـی پوترسـین گردید. نتایج نشان داد بیش‌ترین بیوماس کل (۴/۵۲ گرم در بوتـه) در عـدم اعمـال شـوری بـا کـاربرد تـوأم میکـوریز بـا سـودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مـولار پوترسـین و کمتـرین آن (۲/۶۱ گرم در بوته) در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) و عدم مصرف کودهای زیستی و عدم کاربرد پوترسین حاصل شد. بالا بودن بیوماس کل در این ترکیب تیماری را می‌توان به بالا بـودن شـاخص سطح برگ (شکل ۱) و محتوای کم سدیم در ریشه و اندام‌های هوایی (جدول ۹) در این ترکیبات تیماری نسبت داد.



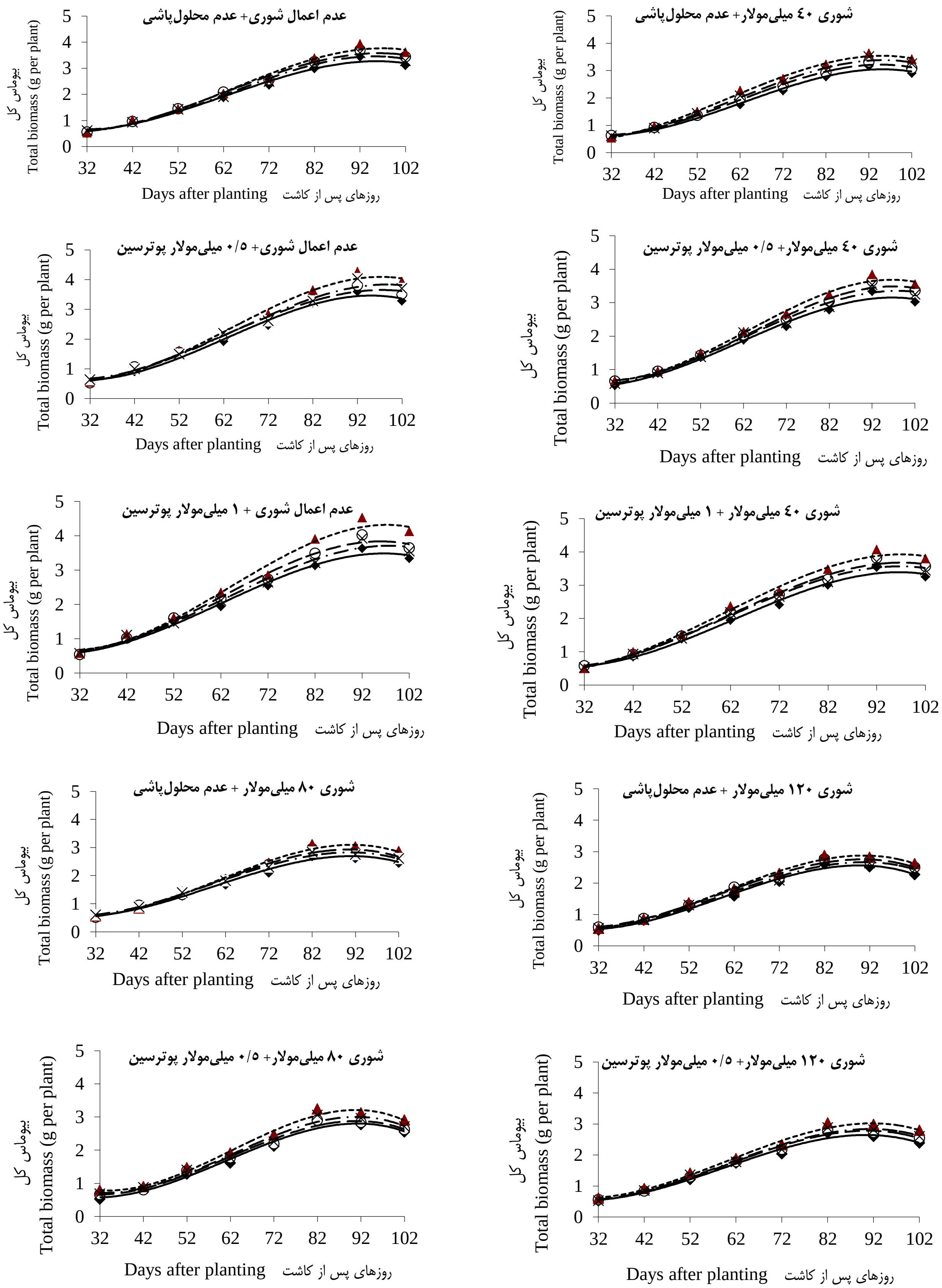


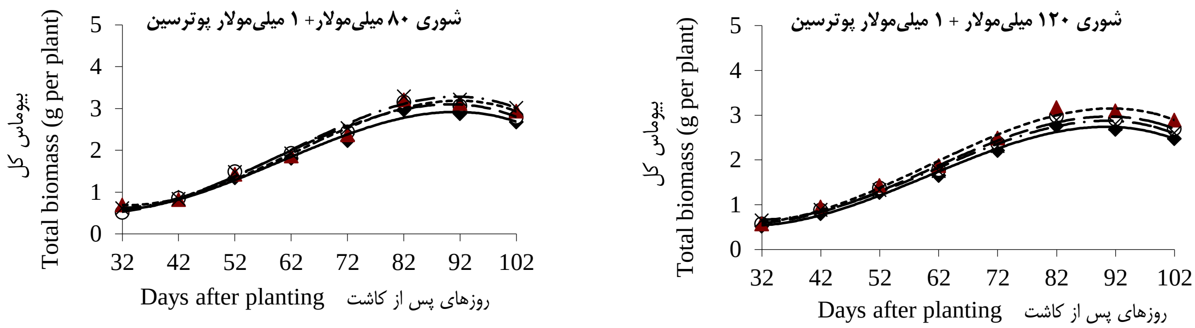
شکل ۱- تأثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر شاخص سطح برگ گندم

Figure 1- Effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on laf area index of wheat

◆ عدم کاربرد کودهای زیستی (مقادیر مشاهده شده)
○ کاربرد توأم سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر مشاهده شده)
▲ کاربرد توأم میکوریز با سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر مشاهده شده)
× کاربرد میکوریز (مقادیر مشاهده شده)
—— عدم کاربرد کودهای زیستی (مقادیر پیش بینی شده)
— — کاربرد توأم سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر پیش بینی شده)
------ کاربرد توأم میکوریز با سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر پیش بینی شده)
— · — کاربرد میکوریز (مقادیر پیش بینی شده)

◆ no bio fertilizers (observed)
◇ psedomonas+flavobacterium (observed)
▲ "mycorrhiza+psedomonas+flavobacterium (observed)"
× "mycorrhiza (observed)"
—— no bio fertilizers (observed)
— — psedomonas+flavobacterium (observed)
------ mycorrhiza+psedomonas+flavobacterium (observed)"
— - — 'mycorrhiza (observed)")


شوری ٤٠ میلی‌مولار+ عدم محلول‌پاشی
عدم اعمال شوری+ عدم محلول‌پاشی
شوری ٤٠ میلی‌مولار+ ٠/٥ میلی‌مولار پوترسین
عدم اعمال شوری+ ٠/٥ میلی‌مولار پوترسین
شوری ٤٠ میلی‌مولار + ١ میلی‌مولار پوترسین
عدم اعمال شوری + ١ میلی‌مولار پوترسین
شوری ١٢٠ میلی‌مولار + عدم محلول‌پاشی
شوری ٨٠ میلی‌مولار + عدم محلول‌پاشی
شوری ١٢٠ میلی‌مولار+ ٠/٥ میلی‌مولار پوترسین
شوری ٨٠ میلی‌مولار+ ٠/٥ میلی‌مولار پوترسین
Total biomass (g per plant) بیوماس کل
Days after planting روزهای پس از کاشت



شکل ۲- تأثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر بیوماس کل گندم

Figure 2- Effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on total biomass of wheat

عدم کاربرد کودهای زیستی (مقادیر مشاهده شده)
کاربرد توأم میکوریز با سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر مشاهده شده)
عدم کاربرد کودهای زیستی (مقادیر پیش بینی شده)
کاربرد توأم میکوریز با سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر پیش بینی شده)
کاربرد توأم سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر مشاهده شده)
کاربرد میکوریز (مقادیر مشاهده شده)
کاربرد توأم سودموناس و فلاوباکتریوم (مقادیر پیش بینی شده)
کاربرد میکوریز (مقادیر پیش بینی شده)

no bio fertilizers (observed)
"mycorrhiza+psedomonas+flavobacterium (observed)"
no bio fertilizers (observed)
mycorrhiza+psedomonas+flavobacterium (observed)"
psedomonas+flavobacterium (observed)
"mycorrhiza (observed)"
psedomonas+flavobacterium (observed)
'mycorrhiza (observed)")

در این زمینه راویکومار و همکاران (Ravikumar, Kathiresan, Ignatiammal, Selvam, & Shanthy, 2004) دلیل اصلی کاهش وزن اندام هوایی را به کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سطح برگ، تجمع سدیم و کلر در اندام‌های هوایی و تخریب ساختمان کلروپلاست نسبت دادند. آچ و همکاران (Asch, Dingkuhn, & Droffling, 2000) اظهار داشتند که با گذشت زمان به دلیل افزایش تجمع املاح در اندام‌های گیاهی، خسارت ناشی از سمیت یون‌ها منجر به تخریب کلروفیل و رنگ‌پریدگی برگ‌ها در نهایت به کاهش بیوماس کل منجر می‌شود.

محتوای نسبی آب و هدایت الکتریکی: اثر شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی با پوترسین و همچنین اثر ترکیب تیماری شوری در کود زیستی بر محتوای نسبی آب و هدایت الکتریکی معنی‌دار بود (جدول ۴).

محتوای نسبی آب: با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ پرچم کاهش یافت. مقایسه میانگین اثرات اصلی عامل‌های آزمایشی نشان داد که بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ پرچم در شرایط عدم اعمال شوری (۷۸/۶۳، ۶۶/۷۳ و ۵۳/۶۶ درصد)، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم (۷۶/۱۱، ۶۵/۳۵ و ۵۱/۰۸ درصد) و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۷۵/۵۹، ۶۴/۲۲ و ۴۹/۵ درصد) به‌ترتیب در مرحله ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله و کمترین این مقادیر در بالاترین سطح شوری (۶۹/۲۲، ۵۹/۷۶ و ۴۳/۹۴ درصد)، عدم کاربرد کودهای زیستی (۷۱/۲۹، ۵۹/۹۳ و ۴۵/۶ درصد) و عدم محلول‌پاشی پوترسین (۷۳/۳۶، ۶۱/۹۷ و ۴۷/۴۷ درصد) به‌ترتیب در مراحل ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج مشابهی توسط بنی اسد و همکاران (Baniasadi, Saffari, & Maghsoudi moud, 2015) گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) شد و استفاده از پوترسین در مقادیر بسیار کم، موجب افزایش این صفت شد. همچنین اثر ترکیب سطوح شوری و کودهای زیستی نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم نسبت به عدم کاربرد در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار به‌ترتیب موجب افزایش ۵/۰۵، ۵/۳۶ و ۱۲/۹۲ درصدی محتوای نسبی آب به‌ترتیب در مرحله ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله شد (جدول ۶).

خیری‌زاده و همکاران (Kheirizadeh Arough *et al*., 2016) گزارش دادند تنش شوری محتوای نسبی آب برگ‌ها را در گیاه تریتیکاله (*Triticosecale*×) کاهش داد. یکی از اثرات تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است، در نتیجه دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ را، می‌توان به کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط تنش نسبت داد (Colom & Vazzana, 2003).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای نسبی آب و هدایت الکتریکی گندم

Table 4- Analysis of variance the effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on relative water content and electrical conductivity of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	M.S میانگین مربعات					
		مراحل نمونه‌برداری محتوای نسبی آب Relative water content			مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی Electrical conductivity of flag leaf		
		ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	مرحله تورم غلاف برگ پرچم Booting	مرحله ظهور سنبله Eading	ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	مرحله تورم غلاف برگ پرچم Booting	مرحله ظهور سنبله Heading
تکرار Replication	2	79.1**	61.97**	228.56**	46.12*	60.63*	124.76*
شوری Salinity	3	722.36**	319.78**	674.5**	1378.04**	4036.27**	8254.14**
کود زیستی Bio fertilizer	3	155.94**	186.63**	182.2**	473.6**	850.28**	1531.25**
پوترسین Putrescine	2	70.06**	60.88*	49.47	90.74**	714.28**	664.15**
شوری×کود زیستی Salinity× Biofertilizer	9	32.67*	26.11*	23.08*	29.31*	53.71**	108.96**
شوری×پوترسین Putrescine× Salinity	6	2.55 ns	1.98 ns	3.12 ns	3.93 ns	21.6 ns	25.08 ns
پوترسین×کود زیستی Putrescine× Biofertilizer	6	9.73 ns	21.44 ns	10.77 ns	14.07 ns	11.49 ns	32.13 ns
کودزیستی×شوری×پوترسین Putrescine× Salinity× Biofertilizer	18	5.5 ns	4.07 ns	7.22 ns	5.14 ns	11.99 ns	8.56 ns
خطای آزمایشی Error	94	13.47	12.79	11.07	13.91	19.3	38.74
C.V ضریب تغییرات ٪	-	4.94	5.67	6.85	5.32	5.21	5.9

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

به نظر می‌رسد با افزایش سطح شوری، جذب آب توسط گیاه کاهش یافته و این کاهش موجب می‌شود تا گیاه نتواند محتوای آب برگ خود را حفظ کند و از این رو با گذشت زمان، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (Munns, James, & Lauchli, 2006). ولی کاربرد میکوریز در نتیجه‌ی فعالیت ریشه‌های تلقیح‌شده با میکوریز و جذب میزان بیشتری آب به‌واسطه تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب از طریق هیف‌های قارچ می‌تواند منجر به بهبود وضعیت آبی گیاه شود (Auge, 2004). در مطالعه بر روی نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) در سطوح شوری (صفر، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) گزارش شد که شوری به علت عدم دسترسی به آب به‌طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ‌ها را کاهش داده و منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش بیوماس کل گیاه شد ولی تلقیح گیاهان با مایکوریزا موجب بهبود وضعیت محتوای نسبی آب گیاهان شد (Garg & Bhandari, 2015). به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی با تولید هورمون‌ها توسط این باکتری‌ها، اثرات بازدارنده و مضر تنش شوری را کاهش داده و به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (Zahir, Munir, Asghar, Arshad, & Shaharoona, 2008).

هدایت الکتریکی برگ پرچم: با افزایش سطح شوری، هدایت الکتریکی افزایش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی، حداکثر مقادیر هدایت الکتریکی (۷۶/۲۴، ۹۶/۲۵ و ۱۲۱/۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد کودهای زیستی (۷۴/۶۸، ۹۰/۱۹ و ۱۱۳/۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و عدم محلول‌پاشی پوترسین (۷۱/۳۷، ۸۸/۳۳ و ۱۰۹/۰۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و حداقل این مقادیر در حالت عدم اعمال شوری (۶۲/۶۴، ۷۱/۲ و ۸۶/۹۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم (۶۵/۸۳، ۷۸/۳ و ۹۸/۱۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۶۸/۶۲، ۸۰/۶۸ و ۱۰۱/۶۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) به‌ترتیب در مرحله ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله حاصل شد (جدول ۷).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای نسبی آب برگ پرچم

Table 5- Mean comparison the effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on relative water content flag leaf

ترکیب تیماری		مراحل نمونه‌برداری محتوای نسبی آب (درصد) Sampling stages of relative water content		
		ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	ظهور سنبله Heading
سطوح شوری salinity	عدم اعمال شوری no salinity	78.63	66.73	53.66
	۴۰ میلی‌مولار 40 mM	77.29	63.89	50.32
	۸۰ میلی‌مولار 80 mM	71.7	61.81	46.17
	۱۲۰ میلی‌مولار 120 mM	69.22	59.76	43.94
LSD5%		1.71	1.67	1.55
سطوح کودهای زیستی Biofertilizers levels	عدم کاربرد کود زیستی without biofertilizer	71.29	59.93	45.6
	کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم Both application of *Pseudomonas* with *Flavobacterium*	75.12	63.77	48.77
	کاربرد میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم Application of *Mycorrhiza* with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*	76.11	65.35	51.08
	کاربرد میکوریز Application of *Mycorrhiza*	74.33	63.15	48.64
LSD5%		1.71	1.67	1.55
سطوح پوترسین Putrescine levels	عدم محلول‌پاشی no foliar application	73.36	61.97	47.47
	۰/۵ میلی‌مولار پوترسین 0.5 mM	73.68	62.96	48.6
	۱ میلی‌مولار پوترسین 1 mM	75.59	64.22	49.5
LSD5%		1.48	1.44	1.34

S_1، S_2، S_3 و S_4: به‌ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار.

B_1، B_2، B_3 و B_4: به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد میکوریز.

S_1, S_2, S_3 and S_4 are no salinity, salinity of 40, 80 and 120 Mm

B_1, B_2, B_3 and B_4 are no bio fertilizers, application both *Psedomunas* and *Flavobacterim*, application of mycorrhiza with *Psedomunas* and *Flavobacterim*, mycorrhiza application,

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون و برای هر فاکتور اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند.

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different.

اثر ترکیب سطوح شوری و کودهای زیستی نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم نسبت به عدم کاربرد در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار مقدار هدایت الکتریکی را به‌ترتیب ۱۳/۶۵، ۱۱/۱ و ۱۶/۷۷ درصد در مرحله ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله کاهش داد (جدول ۸). به نظر می‌رسد در شرایط تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش شوری، تولید رادیکال‌های آزاد منجر به پراکسیداسیون چربی‌های غشا در اندام‌های مختلف از جمله برگ‌های گندم شده و این امر کاهش پایداری غشا یا افزایش هدایت الکتریکی را به دنبال دارد (Beltrano, Montaldi, & Carbone, 1997). در حالی‌که کاربرد کودهای زیستی منجر به کاهش هدایت الکتریکی گردید (جدول ۷ و ۸). نتایج مشابهی نیز مبنی بر این‌که کاربرد کودهای زیستی موجب کاهش نشت الکترولیت‌ها در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها تحت شرایط تنش می‌شود توسط دیگر محققان گزارش شده است (Sandhya, Ali, Grover, Reddy, & Venkateswarlu, 2010). اشرف و همکاران (Ashraf & McNielly, 2004) گزارش کردند که برخی از باکتری‌های PGPR تولید اگزو پلی‌ساکاریدهایی را می‌کنند که با کاتیون‌ها از جمله Na^+ پیوند برقرار کرده و این موضوع موجب کاهش تجمع سدیم و اثرات منفی ناشی از آن در سلول شده و بدین ترتیب اثرات منفی شوری را کاهش داده و منجر به بهبود جراحت غشا و افزایش رشد گیاه در مقایسه با شاهد در شرایط تنش شوری می‌شود. از این رو به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی موجب کاهش آسیب‌های اکسیداتیو ایجاد شده توسط شوری و در نتیجه کاهش نشت الکترولیتی می‌شود.

آنتوسیانین: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین و برهمکنش هر سه فاکتور مورد بررسی بر آنتوسیانین معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم همراه با محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین، میزان آنتوسیانین را ۲۲ درصد در مقایسه با عدم کاربرد

کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شـوری افـزایش داد (جـدول ۹). آنتوسـیانین‌هـا بـه‌عنـوان یـک گـروه از فلاونوئیدهای محلول در آب هستند که در یک نقطه پایانی در مسیر بیوسـنتز فلاونوئیـدها در سیتوپلاسـم سـاخته شـده و دارای خاصـیت آنتی‌اکسیدانی بوده و می‌توانند به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل کرده و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت کنند (Wang *et al*., 2010). به نظر می‌رسد ریشه گیاهان تلقیح‌شـده بـا کودهـای زیستی به دلیل توانایی ساخت و ترشح مـواد بیولوژیـک فعـال ماننـد ویتامین‌های گروه B، بیوتین، اکسین و جیبـرلین‌هـا موجـب افـزایش محتوای ماده آلی و هیدرات کربن گیاه و در نتیجه افزایش آنتوسیانین می‌شوند (Rodriguez & Fraga, 1999).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و کودهای زیستی بر محتوای نسبی آب برگ پرچم

Table 6- Mean comparison of the effects of treatment compound salinity and biofertilizers on the relative water content of flag leaf

ترکیب تیماری Treatment compound		مراحل نمونه‌برداری محتوای نسبی آب برگ پرچم (درصد) Sampling stages of the relative water content of flag leaf		
		ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	ظهور سنبله Heading
S_1	B_1	76.55	64.33	50.78
	B_2	80.45	68.97	55.77
	B_3	80.81	69.06	56.33
	B_4	76.7	64.57	51.78
S_2	B_1	75	61.19	46.68
	B_2	79.91	64.61	48.82
	B_3	78.06	66.08	54.08
	B_4	76.21	63.68	51.71
S_3	B_1	66.14	56.06	44.08
	B_2	71.43	61.81	47.58
	B_3	74.69	65.02	47.8
	B_4	74.55	64.37	45.23
S_4	B_1	67.47	58.12	40.85
	B_2	68.68	59.67	42.92
	B_3	70.89	61.24	46.13
	B_4	69.85	59.99	45.85
		3.3	3.25	3.05

S_1، S_2، S_3 و S_4: به‌ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار.

B_1، B_2، B_3 و B_4: به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد میکوریز.

S_1, S_2, S_3, and S_4 are no salinity, with the salinity of 40, 80, and 120 Mm

B_1, B_2, B_3, and B_4 are no bio-fertilizers, application both *Psedomunas* and *Flavobacterim*, application of mycorrhiza with *Psedomunas* and *Flavobacterim*, mycorrhiza application,

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

مقادیر سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی: بر اساس نتایج جـدول تجزیـه واریـانس اثـر سـطوح شـوری، کودهـای زیسـتی و محلول‌پاشی پوترسین برمحتوای سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هـوایی در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

محتوای سدیم و پتاسیم ریشــه: بـا افـزایش شـوری، میـزان سدیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۹). مقایسه میانگین‌هـا نشان داد بیش‌ترین محتوای سدیم ریشه (۳۶/۹۶ میلی‌گـرم در گـرم وزن خشک) در ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهـای زیسـتی و عـدم محلول‌پاشی پوترسین در بالاترین سطح شوری و کمتـرین مقـدار آن (۱۹/۳۸ میلی‌گـرم در گـرم وزن خشـک) بـا کـاربرد تـوام میکـوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مـولار پوترسـین در حالت عدم اعمال شوری حاصل شد (جدول ۹). با افزایش شـوری، محتوای پتاسیم ریشه کاهش یافت طوری‌که کمترین محتوای پتاسیم ریشه (۸/۰۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در بالاترین سطح شـوری (۱۲۰ میلی‌مولار) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین به دست آمد در حالی‌که بالاترین این مقـادیر (۱۹/۹ میلـی‌گـرم در گـرم وزن خشک) به ترکیب تیماری عدم اعمـال شـوری بـا کـاربرد تـوام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مـولار پوترسین تعلق داشت (جـدول ۹). محتـوای سـدیم ریشـه در سـطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطوح

شوری، به‌ترتیب ۳۴/۹۱، ۳۲/۷۶ و ۲۴/۹۴ درصد کاهش یافت (جدول ۹).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت الکتریکی برگ پرچم گندم

Table 7- Mean comparison the effects of salinity, and bio fertilizers on electrical conductivity Flag leaf of wheat

تیمارهای آزمایشی Experimental factors		هدایت الکتریکی Electrical conductivity (µs.cm^{-1}) ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	ظهور سنبله Heading
سطوح شوری Salinity levels	عدم اعمال شوری no salinity	62.64	71.2	86.96
	۴۰ میلی‌مولار 40 mM	67.41	81.43	100.18
	۸۰ میلی‌مولار 80 mM	73.88	88	112.8
	۱۲۰میلی‌مولار 120 mM	76.24	96.25	121.7
	LSD5%	1.74	2.05	2.91
سطوح کودهای زیستی Biofertilizers levels	عدم کاربرد کود زیستی without biofertilizer	74.68	90.19	113.68
	کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم Both application of *Pseudomonas* with *Flavobacterium*	69.64	83.96	103.25
	کاربرد میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم Application of *Mycorrhiza* with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*	65.83	78.3	98.12
	کاربرد میکوریز Application of *Mycorrhiza*	70.01	84.44	106.59
	LSD5%	1.74	2.05	2.91
سطوح پوترسین Putrescine levels	عدم محلول‌پاشی no foliar application	71.37	88.33	109.04
	۰/۵ میلی‌مولار پوترسین 0.5 mM	70.13	83.64	105.59
	۱ میلی‌مولار پوترسین 1 mM	68.62	80.68	101.61
	LSD5%	1.51	1.78	2.52

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و برای هر فاکتور اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

Means with similar letters in each column and each factor are not significantly different.

مقادیر پتاسیم ریشه در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطوح شوری به‌ترتیب ۴۰، ۵۵/۸۳ و ۴۷/۷۶ درصد افزایش یافت (جدول ۹). به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور، انتقال کاتیون‌های Na^+ و K^+ با یک پروتئین مشترک است که Na^+ برای ورود به درون سلول با K^+ رقابت می‌نماید (Parvaiz, & Satyawati, 2008). از طرفی با افزایش ورود سدیم از طریق آوند آبکشی و یا ناکافی بودن ورود سدیم به واکوئل‌های سلول‌های برگ، ممکن است افزایش مقادیر سدیم در آپوپلاست از ورود پتاسیم ممانعت کند و به این وسیله به‌طور غیرمستقیم مانع از بارگیری آوندهای آبکش شود. در این زمینه کلا و همکاران (Colla *et al*., 2008) اظهار داشتند که با افزایش شوری، رقابت در ورود درون سلولی دو یون پتاسیم و سدیم به دلیل تجمع سدیم، منجر به کاهش جذب پتاسیم می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط چن و همکاران (Chen *et al*., 2005) مبنی بر این‌که شوری موجب افزایش مقدار سدیم در ریشه و اندام هوایی شده و نسبت سدیم به پتاسیم را در این اندام‌ها کاهش می‌دهد گزارش شده است. شیاب (Shiyab, 2011) گزارش کرد که افزایش محتوای سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشا اثر کرده و منجر به کاهش سایر عناصر غذایی از جمله پتاسیم در بافت گیاه می‌شود. کاربرد کودهای زیستی منجر به کاهش محتوای سدیم ریشه شد. در این راستا ندیم و همکاران (Nadeem, Zahir, Naveed, Arshad, & Shahzad, 2007) علت اصلی نسبت پایین محتوای سدیم در بذرهای ذرت تلقیح‌شده با باکتری‌های محرک رشد در شرایط شوری را، به توانایی تولید ACC دآمیناز نسبت دادند. الوارز و همکاران (Alvarez, Sueldo, & Barassi, 1996) اظهار داشتند که تلقیح با آزوسپریلیوم موجب بهبود رشد و استقرار بهتر گیاهچه‌های

گندم رشد یافته تحت شرایط تنش اسمزی می‌شود و گیاهان تلقیح‌شده در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده، محتوای نسبی آب پروتوپلاستی بالاتری دارند که این امر احتمالاً به دلیل توسعه ریشه و جذب بهینه آب در ریشه‌ی گیاهان تلقیح‌شده در شرایط تنش اسمزی است که منجر به بهبود هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) شده است. در این راستا مرادی و سید شریفی (Moradi & Seyed Sharifi 2018) گزارش کردند حداکثر سدیم در ریشه و اندام هوایی را در بالاترین سطح شوری در حالت عدم تلقیح بذر باکتری‌های محرک رشد و کم‌ترین آن در پایین‌ترین سطح شوری و تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و سودوموناس گزارش کردند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و کودهای زیستی بر هدایت الکتریکی برگ پرچم گندم

Table 8- Mean comparison the effects of salinity and bio fertilizers on electrical conductivity flag leaf of wheat

ترکیبات تیماری Treatment compound		مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی Sampling stages of electrical conductivity: ظهور برگ پرچم Flag leaf emergence	تورم غلاف برگ پرچم Booting	سنبله‌دهی Heading
S_1	B_1	64.78	78.71	90.2
	B_2	63.48	72.14	83.75
	B_3	59.03	65.71	83.56
	B_4	63.26	68.25	90.02
S_2	B_1	73.83	88.55	108.92
	B_2	65.65	83.52	99.25
	B_3	61.24	72.97	91.03
	B_4	68.91	80.68	101.52
S_3	B_1	78.04	91.83	122.56
	B_2	72.71	87.24	114.43
	B_3	70.83	83	104.23
	B_4	73.94	89.93	110
S_4	B_1	82.08	101.68	132.73
	B_2	76.71	92.93	115.58
	B_3	72.22	91.52	113.66
	B_4	73.94	98.88	124.84
$LSD_{0.05}$		3.41	5.02	6.14

S_1، S_2، S_3 و S_4: به‌ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار.

B_1، B_2، B_3 و B_4: به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد میکوریز.

S_1, S_2, S_3 and S_4 are no salinity, with the salinity of 40, 80, and 120 Mm

B_1, B_2, B_3 and B_4 are no bio-fertilizers, application of both *Psedomunas* and *Flavobacterim*, application of mycorrhiza with *Psedomunas* and *Flavobacterim*, mycorrhiza application.

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

محتوای سدیم و پتاسیم اندام هوایی: محتوای سدیم اندام هوایی تحت تاثیر تنش شوری افزایش یافت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین مقادیر سدیم اندام هوایی (۳۱/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در بالاترین سطح شوری و کمترین آن (۱۵/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در حالت عدم اعمال شوری به‌دست آمد (جدول ۹). نتایج نشان داد با افزایش سطح شوری، محتوای یون پتاسیم اندام هوایی کاهش یافت. کمترین مقادیر پتاسیم اندام هوایی (۲۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در بالاترین سطح شوری (اعمال ۱۲۰ میلی‌مولار شوری)، عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین و بیشترین مقدار آن (۳۷/۷ میلی‌گرم درگرم وزن خشک) به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین تعلق داشت (جدول ۹). با افزایش شوری، نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی و ریشه کاهش یافت ولی کاربرد پوترسین و کودهای زیستی موجب شد که علی‌رغم افزایش شوری، این نسبت در تمامی ترکیبات تیماری تا حدودی کاهش یابد (جدول ۹) که می‌تواند به نوعی بیانگر نقش موثر کودهای زیستی و پوترسین در تعدیل بخشی از اثرات ناشی از شوری باشد.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی و عملکرد دانه گندم

Table 9- Mean comparison the effects of salinity, bio fertilizers and putrescine on Na^+ and K^+ root and shoots and grain yield of wheat

ترکیب تیماری **Treatment compound**	آنتوسیانین **Anthocyanin**	سدیم ریشه **(mg.g^{-1}.DW) Na^+ root**	پتاسیم ریشه **(mg.g^{-1}.DW) K^+ root**	سدیم اندام هوایی **(mg.g^{-1}.DW) Na shoot**	پتاسیم اندام هوایی **(mg.g^{-1}.DW) K^+ shoots**	نسبت سدیم به پتاسیم ریشه **Na^+/ K^+ ratio in root**	نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی **Na^+/ K^+ ratio in shoots**	عملکرد دانه تک بوته **grain yield per plant (g)**
$S_1B_1P_1$	0.0107	23.6	15.01	19.19	30.83	1.58	0.626	1.23
$S_1B_2P_1$	0.0123	20.79	17.11	15.72	32.79	1.22	0.483	1.37
$S_1B_3P_1$	0.0122	22.9	16.75	17.45	35.72	1.37	0.493	1.39
$S_1B_4P_1$	0.011	22.55	15.36	18.49	31.15	1.47	0.596	1.23
$S_1B_1P_2$	0.011	21.85	15.36	18.84	32.14	1.43	0.59	1.29
$S_1B_2P_2$	0.0122	19.74	18.85	18.49	32.71	1.05	0.57	1.38
$S_1B_3P_2$	0.0117	22.55	17.1	16.07	33.44	1.32	0.483	1.67
$S_1B_4P_2$	0.0114	20.79	16.41	18.15	34.75	1.27	0.526	1.48
$S_1B_1P_3$	0.0116	22.9	15.36	18.84	31.8	1.5	0.596	1.27
$S_1B_2P_3$	0.0113	21.84	18.85	15.37	34.1	1.16	0.453	1.53
$S_1B_3P_3$	0.0128	19.38	19.19	15.03	37.7	1.01	0.40	1.86
$S_1B_4P_3$	0.012	20.44	18.85	16.41	36.39	1.09	0.453	1.43
$S_2B_1P_1$	0.0124	28.52	12.22	24.04	27.55	2.34	0.88	1.16
$S_2B_2P_1$	0.0136	25.36	14.66	21.27	31.8	1.74	0.673	1.3
$S_2B_3P_1$	0.0133	21.49	16.76	18.15	34.42	1.29	0.53	1.47
$S_2B_4P_1$	0.0134	28.17	12.57	23.65	28.21	2.25	0.846	1.29
$S_2B_1P_2$	0.0127	27.47	13.97	23.35	28.54	1.98	0.823	1.3
$S_2B_2P_2$	0.0141	26.41	12.92	23.35	28.86	0.81	0.813	1.26
$S_2B_3P_2$	0.0129	23.25	14.31	19.19	30.5	1.63	0.636	1.29
$S_2B_4P_2$	0.0139	22.9	16.75	18.49	30.5	1.37	0.613	1.18
$S_2B_1P_3$	0.0128	28.52	14.32	22.65	31.48	2	0.72	1.33
$S_2B_2P_3$	0.1034	27.12	13.97	19.53	31.81	1.95	0.616	1.34
$S_2B_3P_3$	0.0149	21.14	17.11	17.45	34.75	1.24	0.503	1.63
$S_2B_4P_3$	0.0141	21.85	16.06	20.92	34.42	1.37	0.613	1.42
$S_3B_1P_1$	0.0132	32.74	8.74	29.24	23.95	3.77	1.23	0.91
$S_3B_2P_1$	0.0139	30.98	12.57	28.89	25.59	2.48	1.13	1.07
$S_3B_3P_1$	0.0139	27.82	9.09	24.39	24.93	3.08	0.98	0.98
$S_3B_4P_1$	0.1042	28.17	10.83	24.39	26.57	2.61	0.925	0.93
$S_3B_1P_2$	0.0134	31.69	9.79	27.51	24.28	3.25	1.14	1
$S_3B_2P_2$	0.0138	30.98	11.88	26.21	29.19	2.62	0.90	0.93
$S_3B_3P_2$	0.0154	25	12.92	21.96	30.17	1.94	0.73	1.21
$S_3B_4P_2$	0.0155	27.12	12.92	25.77	29.19	2.11	0.88	0.97
$S_3B_1P_3$	0.0135	32.39	10.48	26.81	27.88	3.11	0.96	0.93
$S_3B_2P_3$	0.0153	27.47	11.53	25.43	29.52	2.39	0.86	1.12
$S_3B_3P_3$	0.0159	24.66	13.62	23.35	29.84	1.82	0.78	1.01
$S_3B_4P_3$	0.0146	28.17	11.53	23.35	26.24	2.45	0.89	1.18
$S_4B_1P_1$	0.015	36.96	8.04s	31.33	21.66	4.63	1.46	0.84
$S_4B_2P_1$	0.016	32.74	10.14	29.91	23.63	3.25	1.27	0.92
$S_4B_3P_1$	0.016	30.63	10.83	30.28	24.94	2.84	1.22	0.88
$S_4B_4P_1$	0.0154	36.25	10.14	28.55	23.63	3.59	1.21	0.88
$S_4B_1P_2$	0.0151	33.79	9.09	28.2	22.65	3.74	1.25	0.85
$S_4B_2P_2$	0.0155	33.44	8.05s	26.47	21.99	4.18	1.21	0.88
$S_4B_3P_2$	0.0174	33.09	10.48	27.51	25.26	3.18	1.09	1.03
$S_4B_4P_2$	0.0167	34.85	10.14	30.28	21.99	3.46	1.38	0.89
$S_4B_1P_3$	0.0164	33.09	11.53	29.94	22.97	2.88	1.31	0.86
$S_4B_2P_3$	0.0155	34.5	9.78	26.81	23.96	3.55	1.12	0.93
$S_4B_3P_3$	0.0183	29.58	11.88	25.77	26.57	2.5	0.97	1.08
$S_4B_4P_3$	0.0161	30.98	10.48	29.24	23.63	2.97	1.24	0.94
LSD	0.001	3.14	2.42	3.2	3.73	0.285	0.0899	0.17

S_1، S_2، S_3 و S_4: به‌ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار.

B_1، B_2، B_3 و B_4: به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا

P_1، P_2 و P_3: به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار پوترسین

S_1, S_2, S_3, and S_4 are no salinity, salinity of 40, 80 and 120 Mm

B_1, B_2, B_3, and B_4 are no bio fertilizers, application both *Psedomunas* and *Flavobacterim*, application of mycorrhiza with *Psedomunas* and *Flavobacterim*, mycorrhiza application,

P_1, P_2, and P_3 are no foliar application, foliar application of 0.5 and 1 mM putrescine

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار، محتوای سدیم اندام هوایی با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطوح شوری به‌ترتیب ۳۷/۷۶، ۳۳/۱۵ و ۲۱/۵۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). همچنین غلظت پتاسیم اندام هوایی در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰میلی‌مولار با کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطوح شوری به‌ترتیب ۲۶/۱۳، ۲۵/۹۷ و ۲۲/۶۶ درصد افزایش یافت (جدول ۹). کاهش غلظت پتاسیم بافت ممکن است نتیجه رقابت مستقیم بین سدیم و پتاسیم در جایگاه جذب پلاسمالما یا اثر سدیم بر انتقال پتاسیم در آوند چوبی و یا اثر سدیم بر جریان پتاسیم در ریشه باشد (He & Cramer, 1993). سدیم به‌عنوان یک عنصر ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود و تجمع سدیم در گیاه در شرایط شوری به کاهش کلسیم و پتاسیم در گیاه منجر می‌گردد. اثر سمیت سدیم کلرید ناشی از انباشتگی زیاد نمک در گیاه ممکن است تنها به دلیل اثرات مستقیم یون سدیم نباشد، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد (Rengel, 1992). کایا و همکاران (Kaya, Akram, Ashraf, & Sonmez, 2013) بیان کردند که تنش شوری موجب افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در بافت‌های ذرت می‌شود. تلقیح گیاه با میکوریزا موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای، از جمله افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم، در بافت برگ می‌شود (Rabie & Almadini, 2005). در نتیجه میزان آب برگ و انتقال عناصر غذایی به گیاه افزایش می‌یابد (Hammer *et al*., 2011). این وضعیت به افزایش انتقال آسیمیلات به مخزن منجر می‌شود و از فشار و شدت شوری کاسته و در نهایت رشد و تولید را افزایش می‌دهد (Colla *et al*., 2008). قارچ میکوریزا با تعدیل اثرات مخرب تنش شوری، جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد و از انتقال سدیم به اندام هوایی جلوگیری می‌کند (Giri, Kapoor, & Mukerji, 2007). در پژوهشی جذب پتاسیم در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا حتی در شوری بالا (۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر) نیز افزایش یافت و موجب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و اندام هوایی شد (Giri *et al*., 2007). در مطالعه ال هیندی و همکاران (Elhindi, El-Din, & Elgorban, 2016) بر روی گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum*) در سه سطح شوری (صفر، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم) گزارش کردند که نسبت پتاسیم به سدیم با کاربرد مایکوریزا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که نشان از افزایش پتاسیم تحت شرایط شوری با کاربرد مایکوریزا دارد.

عملکرد تک بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد دانه تک بوته، معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین عملکرد تک بوته (۱/۸۶ گرم در بوته) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین آن (۰/۸۴ گرم دربوته) در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین به‌دست آمد (جدول ۹). در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین عملکرد دانه را به‌ترتیب ۴۰/۵۱، ۳۲/۹۶ و ۲۸/۵۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی افزایش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد توام میکوریز با باکتری محرک رشد، اغلب جذب مواد مغذی غیر قابل دسترس را در گیاهان را تسهیل می‌کند و بنابراین موجب رشد گیاه می‌شود (Duponnois, Galiana, & Prin, 2008). قارچ میکوریزی و باکتری محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور، موجب افزایش عملکرد می‌شوند. همچنین افزایش شاخص سطح برگ (شکل ۱) و بیوماس کل (شکل ۲) در حالت کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف نماید. در این زمینه حسین و همکاران (Hussein, Nadia, EL-Gereadly, & EL-Desuki, 2006) نشان دادند که مصرف پوترسین همه فعالیت‌های متابولیکی در گیاهان تحت تنش شوری را بهبود بخشیده و موجب مقاومت بیشتر و افزایش عملکرد گیاه نخود فرنگی تحت شرایط شوری شد. برخی محققان معتقدند کاربرد توأم میکوریز با باکتری محرک رشد در افزایش عملکرد می‌تواند ناشی از در دسترس بودن زیاد نیتروژن در خاک به‌دلیل باکتری‌های محرک رشد و سنتز فیتوهورمون و ارتباط قارچ میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل سیستم هیفی میکوریزایی گسترده و تغییرات در فیزیولوژی و افزایش سیستم ریشه باشد که در نهایت موجب جذب بیشتر آب و مواد مغذی می‌شود (Zhu, Song, & Xu, 2010). به نظر می‌رسد که پوترسین با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و مهار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش هدایت الکتریکی (جدول ۸ و ۹) و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و افزایش آنتوسیانین (جدول ۹)، اثرات تنش شوری را تعدیل نموده و از آسیب و مرگ سلول‌ها ممانعت به عمل می‌آورد (Hadi *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی موثر در کاهش

عملکرد است که اساساً به دلیل غلظت بیش از حد یون‌های سدیم و یا کمبود پتاسیم منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. در چنین شرایطی یکی از راه‌کارهای مناسب برای بهبود عملکرد دانه استفاده از کودهای زیستی (همانند میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و همچنین استفاده از برخی تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون پوترسین است. در این بررسی کاربرد توام میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی پوترسین در تمامی سطوح شوری با افزایش هدایت روزنه‌ای در هر سه مرحله نمونه‌برداری (مراحل ظهور برگ پرچم، تورم غلاف برگ پرچم و ظهور سنبله) و کاهش محتوای سدیم و افزایش محتوای پتاسیم در ریشه و اندام‌های هوایی، منجر به بهبود عملکرد دانه حتی در بالاترین سطح از شوری شد. از این رو کاربرد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد گندم تحت شرایط شوری توصیه شود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از بخشی از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول مقاله می‌باشد که نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از یکایک همکاران ارجمند در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام می‌دارند.

References

1. Alvarez, M. I., Sueldo, R. J., & Barassi, C. A. (1996). Effect of Azospirillum on coleoptile growth in wheat seedling under water stress. *Cereal Research Communication*, 24, 101-107.
2. Asch, F., Dingkuhn, M., & Droffling, K. (2000). Salinity increases CO_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. *Plant Soil*, *218*, 1-10. https://doi.org/10.1023/A:1014953504021
3. Ashraf, M., & McNielly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oil seeds. *Critical Reviews in Plant*, *34*, 34-45. https://doi.org/10.1080/07352680490433286
4. Atiya, A. M., Poortvliet, E., Stromberg, R., & Yngve, A. (2011). Polyamines in foods: development of a food database. *Food Nutrition Research*, *14*(55), 1-15. https://doi.org/10.3402/fnr.v55i0.5572
5. Auge, R. M. (2004). Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science*, *84*, 373-381.
6. Baniasadi, F., Saffari, V. R., & Maghsoudi moud, A. (2015). Effect of putrescine on some physiological and morphological characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Envirometal Stresses in Crop Science*, *8*(1), 73-82. https://doi.org/10.22077/escs.2015.202
7. Bashan, Y., Ivanony, Y. H., & Saad, A. (1989). Nonspecific response in plant growth, yield and root colonization of non-cereal crop plant to inoculation with Azospirilum brasilense. *Canadian Journal of Botany*, *67*, 1317-1324. https://doi.org/10.1139/b89-175
8. Beltrano, J., Montaldi, E., Bartoli, C., & Carbone, A. (1997). Emission of water stress ethylene in wheat (*Triticum aestivum* L.) ears: Effects of rewatering. *Plant Growth Regulation*, *21*, 121-126.
9. Boomsma, C. R., & Vyn, T. J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research*, *108*, 14-31. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.002
10. Chelah, M. K. B., Nordin, M. N. B., Musliania, M. I., Khanif, Y. M., & Jahan, M. S. (2011). Composting increases BRIS soil health and sustains rice production on BRIS soil. *Scienceasia*, *37*, 291-295. https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.291
11. Chen, Z., Newman, I., Zhuo, M., Mendham, N., Zhang, G., & Shabala, S. (2005) Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux:a case study for barely. *Plant Cell and Environment*, *28*, 1230-1246. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01364.x
12. Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Tullio, M., Carlos, M. R., & Elvira, R. (2008). Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. *Biology and Fertility of Soils*, *44*, 501-509. https://doi.org/10.1007/s00374-007-0232-8
13. Colom, M. R., & Vazzana, C. (2003). Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought sensitive weeping lovegrass plant. *Environmental and Experimental Botany*, *49*, 135-144.
14. Cuartero, J., Bolarin, M. C., Asins, M. J., & Moreno, V. (2006). Increasing salt tolerance in tomato. *Journal of Experimental Botany*, *57*, 1045-1058. https://doi.org/10.1093/jxb/erj102
15. Duponnois, R., Galiana, A., & Prin, Y. (2008). The Mycorrhizosphere effect: A multitrophic interaction complex improves mycorrhizal symbiosis and plant growth. In: Siddiqui Z.A., Akhtar M.S., Futai K. (eds) Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and forestry, Dordrecht: Springer.
16. Elhindi, K. M., El-Din, A. S., & Elgorban, A. M. (2016). The impact of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating saltinduced adverse effects in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Saudi Journal of Biological Science*, 1-33. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.010
17. Garg, N., & Bhandari, P. (2015). Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth, nutrient status, K^+/Na^+ ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 371-378.

https://doi.org/10.1007/s10725-015-0099-x
18. Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K. G. (2007). Improved tolerance of Acacia nilotica to salt stress by arbuscular mycorrhiza, Glomus fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. *Microbial Ecology, 54*, 753-760. https://doi.org/10.1007/s00248-007-9239-9
19. Glick, B. R., Penrose, D., & Wendo, M. (2001). Bacterial promotion of plant growth. *Biotechnology Advance, 19*, 135-138. https://doi.org/10.1016/s0734-9750(00)00065-3
20. Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Journal of Horticultural Science, 78*, 127-157.
21. Hadi, H., Seyed Sharifi, R., & Namvar, A. (2016). *Phytoprotectants and Abiotic Stresses*. Urmia University press. 342p.
22. Hagh Bahari, M., & Seyed Sharifi, S. (2013). Influence of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, grain filling rate and period of wheat in different levels of soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *6*(1), 65-75. https://doi.org/10.22077/escs.2013.138
23. Hammer, E. C., Nasr, H., Pallon, J., Olsson, P. A., & Wallander, H. (2011). Elemental composition of arbuscular mycorrhizal fungi at high salinity. *Mycorrhiza, 21*, 117-129. https://doi.org/10.1007/s00572-010-0316-4
24. Hanafy Ahmed, A. H., Darwish, E., Hamoda, S. A. F., & Alobaidy, M. G. (2013). Effect of putrescine and humic acid on growth, yield and chemical composition of cotton plants grown under saline soil conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 13*, 479-497. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2013.13.04.1965
25. He, T., & Cramer, G. R. (1993). Salt tolerance of rapid cycling Brassica species in relation to K+ /Na+ ratio and selectivity at the whole plant and callus levels. *Journal of Plant Nutrition*, *16*, 1263-1277.
26. Hussein, M. M., Nadia, H. M., EL-Gereadly, & EL-Desuki, M. (2006). Role of puterscine in resistance to salinity of Pea plants (*Pisum sativum* L.). *Journal of Applied Science Research, 2*(9), 598-604.
27. Jamil, M., Rehman, S., Jae Lee, K., Man Kim, J., Kim, H. S., & Rha, E. S. (2007). Salinity reduced growth PS_2 Photo chemistry and chlorophyll content in Radish. *Science Agriculture, 64*, 111-118. https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200002
28. Kafi, M., & Stewart, D. A. (1998). Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. *Agronomy Food Science, 12*(1), 77-85.
29. Karlidag, H., Esitken, A., Yildirim, E., Figen-Donmez, M., & Turan, M. (2011). Effects of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability and ionic composition of strawbwrry under saline conditions. *Journal of Plant Nutrrition, 23*, 157-174. https://doi.org/101080/01904167.2011.531356
30. Kaya, C., Akram, N., Ashraf, M., & Sonmez, O. (2018). Exogenous application of humic acid mitigates salinitystress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physicobiochemical attributes. *Cereal Research Communications, 46*(1), 67-78. https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.064
31. Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., & Barmaki, M. (2016). Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in *Triticale* under salinity condition. *Notula Botanica Horticultural Agro Cluj-Napoca*, *44*(1), 116-124. https://doi.org/10.15835/nbha44110224
32. Mass, E. V., & Poss, J. A. (1989). Salt sensitivity of wheat at various growth stages. *Irrigation Science 10*(1), 29-40.
33. Moradi, F., & Abdelbagi, M. I. (2007). Response of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seeding and reproductive stages in rice. *Annals Botany*, 1-13. https://doi.org/10.1093/aob/mcm052
34. Moradi, L., & Seyed Sharifi, R. (2018). Response of antioxidant enzymes, chlorophyll content and leaf area index of Rye to seed inoculation with plant growth promoting bacteria under salinity conditions. *Crop Physiology Journal, 7*(38), 77-93.
35. Munns, R., James, R. A., & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal Experimental Botany, 57*, 1025-1043. https://doi.org/10.1093/jxb/erj100
36. Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M., Arshad, M., & Shahzad, S. M. (2006). Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. *Soil and Environment*, *25*, 78-84.
37. Ortas, I., Sari, N., Akpinar, C., & Yetisir, H. (2011). Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, *128*(2), 92-98. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.014
38. Parvaiz, A., & Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. *Plant, Soil and Environment, 54*, 89-99.
39. Prasad, T. N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T. S., & Sajanlal, P. R. (2012). Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition, 35*, 905-927. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.663443
40. Ravikumar, S., Kathiresan, K., Ignatiammal, S. T. M., Selvam, M. B., & Shanthy, S. (2004). Nitrogen fixation

Azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. *Journal of Experimental Biology, 15*, 157-160. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.05.020

41. Rabie, A. M., & Almadini, G. H. (2005). Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of Vicia faba plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, *4*(3), 210-222.
42. Rengel, Z. (1992). The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*, *15*, 625-632. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01004.x
43. Rodriguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, *17*, 319-339. https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00014-2
44. Sandhya, V., Ali, S. K. Z., Grover, M., Reddy, G., & Venkateswarlu, B. (2010). Effect of plant growth promoting Pseudomonas spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*, *62*, 21-30.
45. Seyed Sharifi, R., & Golineghad, E. (2021). *Evalution Agronomic and Morphophysiological Traits of Crop Plants*. University of Mohaghegh Ardabili press. 400 pp.
46. Sfakianaki, M., Sfichi, L., & Kotzabasis, K. (2006). The involvement of LHCII-associated polyamines in the response of the photosynthetic apparatus to low temperature. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 84*, 181-188. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2006.03.003
47. Shiyab, S. (2011). Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment, 9*, 350-356.
48. Talaat, I. M., Bekheta, M. A., & Mahgoub, M. H. (2005). Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. *International Journal of Agriculture and Biology, 7*, 210-213.
49. Wang, H., Ju, X., Wei, Y., Li, B., Zhao, L., & Hu, K. (2010) Simulation of bromide and nitrate leaching under heavy rainfall and high-intensity irrigation rates in North China Plain. *Agricultural Water Management, 97*(10), 1646-1654. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.022
50. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., & Wong, M. H. (2005). Effects of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma, 125*, 155-166. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003
51. Zahir, Z. A., Munir, A., Asghar, H. N., Arshad, M., & Shaharoona, B. (2008). Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. *Journal of Microbioogyl Biotechnology, 18*, 958-963.
52. Zhu, X., Song, F., & Xu, H. (2010). Influence of arbuscular mycorrhiza on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity of maize plants under temperature stress. *Mycorrhiza, 20*, 325-332.